

Rec'd PCT/PTO

13 JAN 2006

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2005年3月3日 (03.03.2005)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2005/019317 A1

- (51) 国際特許分類: C08J 7/12, A61L 27/40 府吹田市青山台5-7-1 Osaka (JP). 岸田 晶夫 (KISHIDA, Akio) [JP/JP]; 〒560-0002 大阪府豊中市緑丘3-1 1-2 0-3 02 Osaka (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/016003
- (22) 国際出願日: 2003年12月12日 (12.12.2003) (74) 代理人: 原 謙三 (HARA, Kenzo); 〒530-0041 大阪府大阪市北区天神橋2丁目北2番6号大和南森町ビル原謙三国際特許事務所 Osaka (JP).
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語 (81) 指定国 (国内): CA, US.
- (30) 優先権データ: 特願2003-208902 2003年8月26日 (26.08.2003) JP 規則4.17に規定する申立て:
— すべての指定国のための不利にならない開示又は新規性喪失の例外に関する申立て (規則4.17(v))
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 国立循環器病センター総長が代表する日本国 (JAPAN AS REPRESENTED BY THE PRESIDENT OF NATIONAL CARDIOVASCULAR CENTER) [JP/JP]; 〒565-8565 大阪府吹田市藤白台5-7-1 Osaka (JP). 添付公開書類:
— 国際調査報告書
— 不利にならない開示又は新規性喪失の例外に関する申立て
- (72) 発明者; および 2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 古 蘭 勉 (FURUZONO, Tsutomu) [JP/JP]; 〒565-0875 大阪

(54) Title: TITANIUM OXIDE COMPOSITES, PROCESSES FOR PRODUCTION THEREOF, AND MEDICAL MATERIALS MADE BY USING THE SAME

(54) 発明の名称: 酸化チタン複合体およびその製造方法、ならびに、それを用いた医療用材料

(57) Abstract: A titanium oxide composite consisting of a polymeric substrate and titanium oxide which are chemically bonded with each other can be produced by introducing reactive functional groups to titanium oxide, introducing active groups reactive with the above reactive functional groups to a polymeric substrate, and reacting the resulting titanium oxide with the resulting polymeric substrate. Further, a titanium oxide composite can be produced also by reacting the functional groups of a polymeric substrate with titanium oxide itself without chemical pretreatment of titanium oxide.

(57) 要約: 酸化チタン複合体は、酸化チタンに反応性官能基を導入し、高分子基材に上記反応性官能基と反応することができる活性基を導入させて、互いに反応させることにより、高分子基材と酸化チタンとが化学結合してなる酸化チタン複合体を製造することができる。また、上記高分子基材の官能基と、上記酸化チタン自身とを反応させることにより、酸化チタンに化学的前処理をすることなく、酸化チタン複合体を製造することができる。

BEST AVAILABLE COPY



WO 2005/019317 A1

明 細 書

酸化チタン複合体およびその製造方法、ならびに、それを用いた医療用材料

技術分野

- 5 本発明は、生体適合性および生体組織に対する密着性（接着性）を有する、医療用に好適な酸化チタン複合体およびその製造方法、ならびに、この複合体を用いてなる医療用材料に関するものである。

背景技術

- 10 シリコーンゴムや、ポリウレタン等の高分子基材は、生体不活性、長期安定性、強度および柔軟性等の特性を有しており、例えば、経皮カテーテルのような医療用材料として広く用いられている。しかし、上記例示の高分子基材は、生体不活性であるために、経皮部において生体組織との接着が起こらず、皮膚のダウングロース（上皮組織がカテーテル表面に沿って内部へ陥入していく現象）、および、陥入部位における細菌
- 15 感染の危険性が常に問題となっている。

- 一方、酸化チタンは、白色顔料としての特性を利用して塗料、合成樹脂、インキ、製紙、化学繊維等に混合・複合化されている。また、酸化チタンは、光触媒として脱臭材、防汚材、抗菌・抗ウィルス・防カビ材
- 20 、防曇材、水処理材、抗癌剤（材）等に用いられている。また、上記酸化チタンは、化学的に極めて安定で毒性がない物質として知られている。具体的には、例えば、16ヶ月間飼料中に酸化チタンを添加して与え

た動物試験 (L. Herget, Chem. Ztg., 82, 793 (1929))、皮下注射、粉末吸入を行った動物試験 (L. Vernettilinate, Riforma. Med. Naples, 44, 15, 16 (1928)) においても中毒症状が認められないことが報告されている。さらに、経口投与しても発癌性がないことが報告されている (D. S. Fredrickson, Federal Register, 43, 225, 54299 (1978))。

このような酸化チタンを医療用材料として使用したものとしては、高い隠ぺい力による歯科用レジンコンポジット充填剤 (K. Yoshida, et al., J. Biomed. Mater. Res. Appl. Biomater., 58, 525 (2001)) や、光触媒効果による抗癌剤 (R. Cai, et al., Cancer Res., 52, 2346 (1992))、液体含有物非付着性カテーテルが提案されている。

そして、医療用材料として好適な、これら酸化チタンと上記高分子基材とを複合化させた酸化チタン複合体が提案されている。

上記酸化チタン複合体の製造方法としては、具体的には、例えば、すき込み、または、溶融による混合がある。また、高分子基材の表面に酸化チタンをコーティングする方法としては、例えば、ディップ法、スピ

ンコート法、スプレー法、スクリーン印刷法等がある。

しかしながら、上記製造方法によって製造された酸化チタン複合体では、高分子基材および酸化チタンが本来有する性質が変化する、または、酸化チタンが高分子基材から剥離するという問題点がある。

具体的には、すき込み、または、溶融によって製造された酸化チタン複合体の場合には、製造過程において、酸化チタンまたは高分子基材が本来有する物性を損なう、または、物性が変化してしまう。

また、例えば、高分子基材の表面に、酸化チタンを上記コーティングする方法によって製造された酸化チタン複合体は、高分子基材の表面に

酸化チタンを塗布しただけである、つまり、酸化チタンを物理的に接着または吸着させている。従って、酸化チタンが高分子基材の表面から簡単に剥離することとなる。このように、高分子基材から酸化チタンが簡単に剥離してしまうと、酸化チタン複合体としての機能を発揮することができない。

従って、酸化チタンおよび高分子基材の本来有する物性を損なわせることなく、簡単、かつ、高分子基材の表面に酸化チタンが強固に結合された、酸化チタン複合体およびその製造方法が求められている。

10 発明の開示

本発明の酸化チタン複合体は、上記の課題を解決するために、活性基を有する高分子基材と、該活性基と反応可能な反応性官能基を有する酸化チタンとからなる酸化チタン複合体であって、上記活性基と反応性官能基とが化学結合してなることを特徴としている。

15 上記の構成によれば、酸化チタンと高分子基材とが化学結合によって結合されている。従って、従来の酸化チタン複合体と比べて、酸化チタンと高分子基材とを強固に固定することができる。これにより、高分子基材の表面に、長期間、酸化チタンを定着（固着）させておくことができる。

20 また、上記の構成によれば、活性基と反応性官能基とが化学結合可能な組合わせを選べばよいので、より簡単に高分子基材と酸化チタンとを化学結合させることができる。

本発明の酸化チタン複合体は、上記の課題を解決するために、酸化チタンが、酸化チタンと化学結合可能な官能基を有する高分子基材に化学

結合してなる酸化チタン複合体であって、上記酸化チタンと、上記官能基とが、直接、化学結合してなることを特徴としている。

上記「酸化チタンと、上記高分子基材が有する酸化チタンと反応可能な官能基とが、直接、化学結合してなる」とは酸化チタンと上記官能基とが直接、化学結合していることである。つまり、本発明の酸化チタン複合体は、高分子基材と酸化チタン自身とが化学結合している。

酸化チタンを複合化する方法としては、（１）酸化チタンおよび／または高分子基材を表面修飾（表面処理）した後に、両者を化学結合させる方法、（２）酸化チタンおよび高分子基材を表面処理せずに化学結合させる方法が挙げられる。

上記方法（１）のうち、高分子基材のみに表面処理を行う方法、すなわち、化学的な表面処理を行っていない酸化チタンと、高分子基材の有する該酸化チタンと化学結合可能な官能基とを、直接、化学結合させる方法では、酸化チタンに、化学的前処理を施す必要がない。なお、上記化学的な表面処理とは、酸化チタンに活性基等を導入することである。

また、酸化チタン自身と高分子基材の官能基とを直接、化学結合させることにより、例えば、酸化チタンに活性基を導入する構成に比べて、酸化チタンの表面に残存した活性基が酸化チタンの特性（物性）を損なう恐れがない。

本発明の医療用材料は、上記の課題を解決するために、上記酸化チタン複合体を用いてなることを特徴としている。

上記の構成によれば、上記酸化チタン複合体を用いて構成されているので、長期間、上記酸化チタン複合体を生体内に埋植した場合でも、信頼性のより一層向上した医療用材料を提供することができる。

本発明の酸化チタン複合体の製造方法は、上記の課題を解決するために、酸化チタンが、高分子基材に化学結合してなる酸化チタン複合体の製造方法であって、上記高分子基材に活性基を導入する活性基導入工程と、酸化チタンに該活性基と反応可能な反応性官能基を導入する反応性官能基導入工程と、上記活性基と反応性官能基とを反応させる反応工程とを含むことを特徴としている。

上記の構成によれば、高分子基材に活性基を導入して、酸化チタンに反応性官能基を導入して、これら活性基と反応性官能基とを化学結合させている。これにより、酸化チタンと高分子基材とが化学結合された酸化チタン複合体を簡単に製造することができる。

本発明の酸化チタン複合体の製造方法は、上記の課題を解決するために、酸化チタンが、高分子基材に化学結合してなる酸化チタン複合体の製造方法であって、上記高分子基材に、酸化チタンと化学結合可能な官能基を導入する導入工程と、上記高分子基材の官能基と上記酸化チタンとを反応させる官能基反応工程とを含むことを特徴としている。

上記の構成によれば、高分子基材に、酸化チタンと化学結合可能な官能基を導入することにより、酸化チタンに化学的前処理を行う必要がない。従って、この化学的前処理のために酸化チタンの特性が損なわれたり、変性したりする恐れがない。

本発明のさらに他の目的、特徴、および優れた点は、以下に示す記載によって十分わかるであろう。また、本発明の利益は、添付図面を参照した次の説明で明白になるであろう。

図面の簡単な説明

図 1 は、実施例の γ -アミノプロピルトリエチルシランと酸化チタンとアミノ化酸化チタンとの赤外吸収スペクトルである。

図 2 は、実施例の酸化チタン複合体の表面の電子顕微鏡画像を示す図面である。

5 図 3 は、実施例の酸化チタン複合体を用いて細胞を定着させたときの、酸化チタン複合体の表面の電子顕微鏡画像を示す図面である。

図 4 は、比較例の酸化チタン複合体の表面の電子顕微鏡画像を示す図面である。

10 図 5 は、比較例の酸化チタン複合体を用いて細胞を定着させたときの、酸化チタン複合体の表面の電子顕微鏡画像を示す図面である。

図 6 は、抗菌性評価試験を行う装置の概略の構成を示す正面図である。

図 7 は、抗菌性評価試験の結果を示すグラフである。

発明を実施するための最良の形態

15 [実施の形態 1]

本発明の実施の一形態について、以下に説明する。

本実施の形態にかかる酸化チタン複合体は、酸化チタンが、高分子基材と化学結合してなる構成である。より詳細には、活性基を有する高分子基材と、該活性基と反応可能な反応性官能基を有する酸化チタンとからなる酸化チタン複合体であって、上記活性基と反応性官能基とが化学結合してなる構成である。

20

(酸化チタン)

本実施の形態にかかる酸化チタンは、例えば、化学式； TiO_2 等で表される化合物であるとともに、この化合物の表面に水酸基を有するも

のである。すなわち、本実施の形態にかかる酸化チタンとは、表面に水酸基を有している酸化チタンを示す。

具体的に説明すると、上記 TiO_2 の場合、酸化チタンの表面を最も多く占めている結晶面、すなわち、アナターゼ型の (001) 面とルチル型の (110) 面とには、2種類の水酸基が存在している。その1つは、 Ti^{4+} と結合しているターミナルOH基であり、もう1つは、2個の Ti^{4+} と結合しているブリッジOH基である（清野学著、酸化チタン物性と応用、技法堂出版、2000参照）。

そして、本実施の形態にかかる酸化チタンは、生体組織との親和性および生体環境における安定性が優れているために、医療用材料として好適である。

上記酸化チタンは、粒子状であることがより好ましい。粒子状である場合、酸化チタン粒子の形状および粒子径としては、上記酸化チタンと後述する高分子基材とが化学結合することにより、高分子基材の表面に固定できる程度の粒子の形状および粒子径であればよい。具体的には、上記粒子径の下限值としては、 $0.001\mu m$ 以上がより好ましく、 $0.01\mu m$ 以上がさらに好ましい。一方、上記粒子径の上限値としては、 $1000\mu m$ 以下であることがより好ましく、 $100\mu m$ 以下であることがさらに好ましい。上記粒子径が $1000\mu m$ よりも大きいと、または、 $0.001\mu m$ よりも小さいと、酸化チタンと後述する高分子基材との結合が相対的に弱くなり、生体に埋入した場合に、酸化チタン複合体が破損する場合がある。

（高分子基材）

本実施の形態にかかる高分子基材としては、医療用高分子材料がより

好ましく、有機高分子がさらに好ましい。上記高分子基材としては、具体的には、例えば、シリコーンポリマー（シリコーンゴムであっても良い）、ポリエチレングリコール、ポリアルキレングリコール、ポリグリコール酸、ポリ乳酸、ポリアミド、ポリウレタン、ポリスルホン、ポリエーテル、ポリエーテルケトン、ポリアミン、ポリウレア、ポリイミド、ポリエステル、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリテトラフルオロエチレン、ポリアクリル酸、ポリメタクリル酸、ポリメタクリル酸メチル、ポリアクリロニトリル、ポリスチレン、ポリビニルアルコール、ポリ塩化ビニル等の合成高分子；セルロース、アミロース、アミロペクチン、キチン、キトサン等の多糖類、コラーゲン等のポリペプチド、ヒアルロン酸、コンドロイチン、コンドロイチン硫酸等のムコ多糖類等、シルクフィブロイン等の天然高分子等が挙げられる。上記例示の高分子基材のうち、長期安定性、強度および柔軟性等の特性が優れている点で、シリコーンポリマー、ポリウレタン、ポリテトラフルオロエチレン、または、シルクフィブロインが好適に使用される。

また、上記例示の高分子基材の代わりに、具体的には、例えば、医療用材料として好適に使用することができる、チタン合金等の無機材料の基材を使用することもできる。従って、本発明にかかる高分子基材とは、上記チタン合金等の無機材料からなる基材も含むものとする。

また、上記高分子基材の形状としては、例えば、シート状、繊維状、チューブ状または、多孔体でもよく、用途に応じて適宜選択すればよい。

（酸化チタン複合体の製造方法）

ここで、本実施の形態にかかる酸化チタン複合体の製造方法について

説明する。

本発明にかかる酸化チタン複合体の製造方法は、大別すると2つの方法がある。すなわち、(1) 高分子基材および／または酸化チタンの表面を修飾した後に両者を化学結合させる方法、(2) 酸化チタンと高分子基材との両方共、表面処理せずに化学結合させる方法である。

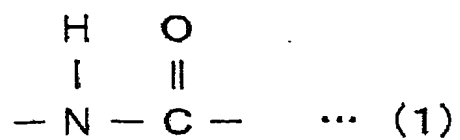
本実施の形態では、上記(1)の方法のうち、酸化チタンが、高分子基材に化学結合してなる酸化チタン複合体の製造方法であって、上記高分子基材に活性基を導入する活性基導入工程と、酸化チタンに該活性基と反応可能な反応性官能基を導入する反応性官能基導入工程と、上記活性基と反応性官能基とを反応させる反応工程とを含む方法について説明する。

より具体的には、例えば、活性基を有する高分子基材として表面にカルボキシル基を有するビニル系重合性単量体をグラフト重合させたシリコーンゴムと、表面に反応性官能基を導入した酸化チタンの粒子としてアミノ基を導入した酸化チタンとを用い、両者を反応させることにより、本実施の形態にかかる酸化チタン複合体を製造する例について説明する。

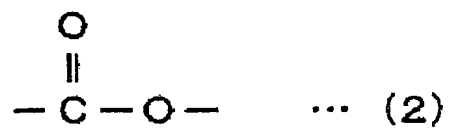
つまり、活性基と反応性官能基とを反応させることにより、上記酸化チタンと高分子基材とを結合する化学結合が形成されることとなる。

本実施の形態にかかる酸化チタン複合体が有する化学結合、すなわち、上記酸化チタンと高分子基材とを結合する化学結合としては、酸化チタン・高分子基材間の結合強度が十分に得られるものであれば、特に限定されるものではないが、以下に示す化学結合を一例として挙げる事ができる。

化学式 (1)

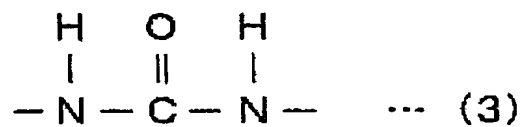


5 化学式 (2)



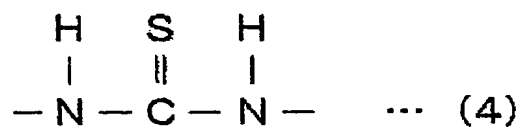
化学式 (3)

10



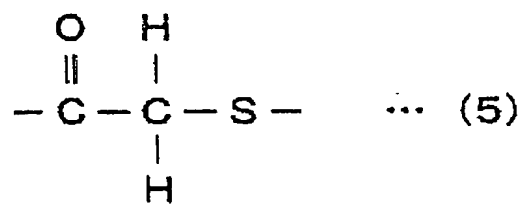
化学式 (4)

15

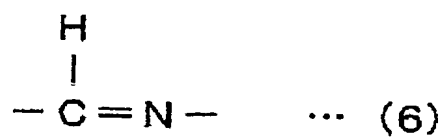


化学式 (5)

20

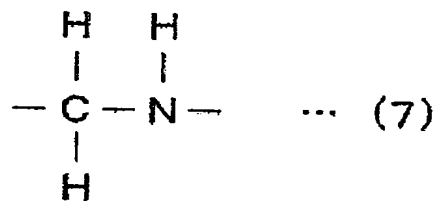


化学式 (6)



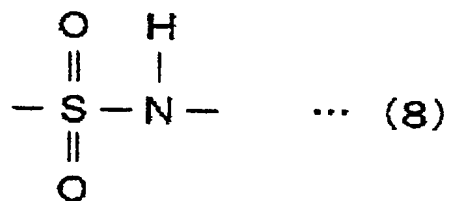
化学式 (7)

5



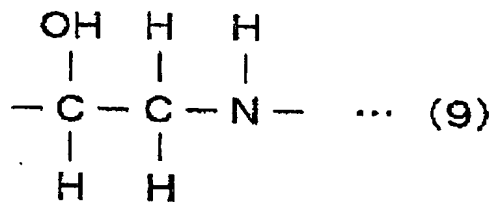
化学式 (8)

10



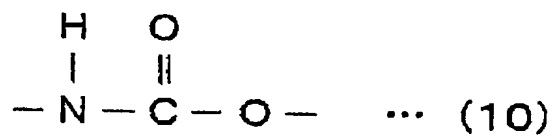
化学式 (9)

15

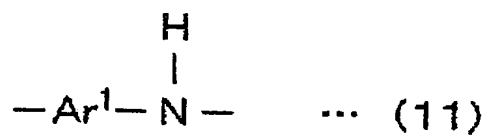


化学式 (10)

20



化学式 (11)



5 化学式 (12)



化学式 (13)

10



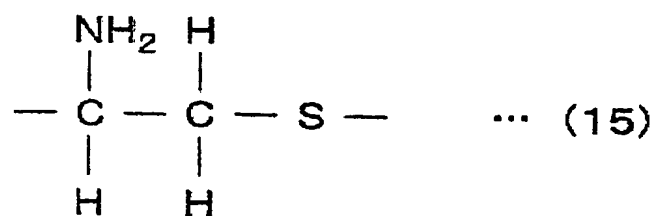
化学式 (14)

15

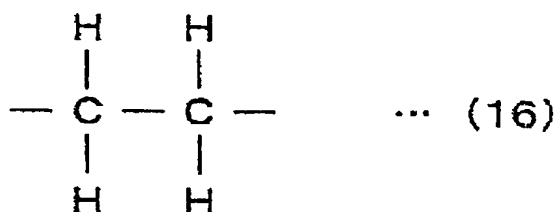


化学式 (15)

20



化学式 (16)



5 これらの化学結合は、酸化チタンに導入された反応性官能基と高分子基材に導入された活性基との間の反応によって得られる。

以下に、上記例示の化学結合のうち、化学式(1)で示されるアミド基について具体的に説明する。アミド結合は、アミノ基と、カルボキシル基、アジドカルボニル基、クロロカルボニル基、N-ヒドロキシスク
10 シンイミドカルボン酸エステルまたは酸無水物との反応；カルボキシル基と、N-アセチルアミノ基またはN-トリメチルシリルアミノ基との反応；イソシアナート基とカルボキシル基との反応；等により得られる。適切な反応条件は、それぞれの組合わせによって異なり、反応が進むのであれば、反応条件は特に限定されるものではない。

15 例えば、アミノ基とカルボキシル基との組合わせの場合、まず、溶媒中に酸化チタンを加え、攪拌して、この酸化チタンを分散させた後、この中に、高分子基材を浸漬する。そして、上記高分子基材を溶媒から引き上げた後に、洗浄して、特定の反応条件にて高分子基材が有する活性基と酸化チタンが有する反応性官能基とを反応（縮合反応）させる。

20 このとき、酸化チタンの使用量の下限值は、活性基を有する高分子基材1重量部に対して、0.001重量部以上がより好ましく、0.01重量部以上がさらに好ましい。一方、酸化チタンの使用量の上限值は、活性基を有する高分子基材1重量部に対して、100重量部以下がより好ましく、50重量部以下がさらに好ましい。上記下限値が0.001

重量部よりも少ないと、高分子基材の表面に均一に酸化チタンの粒子が吸着せず、均一な被膜表面を形成することができなくなる場合がある。

一方、上記上限値が100重量部よりも多い場合には、経済的でない。

また、酸化チタンを分散させる溶媒としては、具体的には、例えば、
5 水；トルエン、ヘキサン等の炭化水素系溶媒；アルコール類；テトラヒドロフラン、ジエチルエーテル等のエーテル系溶媒；アセトン、メチルエチルケトン等のケトン系溶媒；等が挙げられる。上記溶媒の使用量の

下限値としては、上記高分子基材1重量部に対して、0.1重量部以上がより好ましく、1.0重量部以上がさらに好ましい。上記下限値が0

10 .1重量部よりも少ない場合、高分子基材の表面に均一に酸化チタンの粒子が吸着せず、均一な被膜表面を形成することができなくなる場合がある。一方、上記溶媒の使用量の上限値としては、上記高分子基材1重量部に対して、1000重量部以下がより好ましく、500重量部以下がさらに好ましい。上記上限値が1000重量部よりも多い場合には、

15 経済的でない。

そして、高分子基材を溶媒から引き上げた後、高分子基材が有する活性基と酸化チタンが有する反応性官能基と反応させる反応温度の下限値としては、120℃以上がより好ましく、140℃以上がさらに好ましく、160℃以上が特に好ましい。上記反応温度が120℃よりも低い
20 場合には、縮合反応が十分に進行しない恐れがある。一方、上記反応温度の上限値としは、200℃以下がより好ましく、180℃以下がさらに好ましい。上記反応温度が200℃よりも高いと、高分子基材が劣化する場合がある。

また、上記縮合反応は、減圧下で行うことがより好ましい。上記減圧

度の下限值としては、 0.01 mmHg (1.33 Pa) 以上がより好ましく、 0.1 mmHg 以上がさらに好ましい。上記減圧度の下限値が 0.01 mmHg よりも低い場合には、装置等の設備面において、経済的でない。一方、上記減圧度の上限值としては、 10 mmHg (1.33 kPa) 以下がより好ましく、 5.0 mmHg 以下がさらに好ましい。上記減圧度の上限値が 10 mmHg よりも高い場合には、縮合反応が起こり難くなり、反応時間が長時間となる。また、アミノ基とカルボキシル基とでアミド結合を形成する場合には、縮合剤、例えば、カルボジイミド等を用いることで低温にて合成することができる。具体的には、例えば、 4°C ～室温 (25°C) にて、 $1\sim6$ 時間反応させることで上記アミド結合が形成される。

また、上記化学式 (2) で示されるエステル結合は、カルボキシル基とヒドロキシル基、ジアゾカルボニル基および／またはジアゾアルキル基の反応等により得られる。適切な反応条件は、それぞれの組合わせによって異なり、特に限定されるものではない。具体的に、例えば、カルボキシル基とヒドロキシル基との組み合わせの場合、有機溶媒中で、カルボキシル基とヒドロキシル基とを反応させる方法等が挙げられる。

上記化学式 (3) で示される尿素結合は、アミノ基とイソシアナート基とを反応させることにより得られる。反応条件としては、特に限定されるものではないが、例えば、有機溶媒中、室温でアミノ基とイソシアナート基とを反応させる方法等が挙げられる。

上記化学式 (4) で示されるチオ尿素結合は、アミノ基とイソチオシアナート基とを反応させることにより得られる。反応条件としては、特に限定されるものではないが、例えば、 $\text{pH } 9$ の炭酸ナトリウム緩衝溶

液中で、0℃～室温の温度範囲内でアミノ基とイソチオシアナート基とを1～24時間反応させる方法等が挙げられる。

上記化学式(5)で示されるβ-ケトチオエーテル結合は、メルカプト基とα-ハロアセチル基の反応等により得られる。反応条件としては、特に限定されるものではないが、例えば、水中、室温、pH 7～8の弱アルカリの条件でメルカプト基とα-ハロアセチル基とを反応させる方法等が挙げられる。

上記化学式(6)で示されるシッフ塩基構造は、アミノ基と、アルデヒドまたはケトンとして機能しうる部分との反応等により得られる。反応条件としては、例えば、アルカリ水溶液中、室温で両者を反応させる方法等がある。また、上記のシッフ塩基構造を、例えば、水素化ホウ素ナトリウム、シアノ水素化ホウ素ナトリウム等の公知の還元剤を用いて還元することにより、化学式(7)で示される2級、3級アミン構造を得ることができる。

上記化学式(8)で示されるスルファミド結合は、アミノ基と、塩化スルフォニル基またはスルフォン基との反応等により得られる。適切な反応条件は、それぞれの組み合わせによって異なり、特に限定されるものではないが、具体的に、例えば、アミノ基とスルフォニル基との組み合わせの場合、①有機溶媒中、室温で、アミノ基とスルフォニル基とを反応させる方法、②水中、pH 9～10のアルカリの条件で反応させる方法等がある。

上記化学式(9)で示されるヒドロキシー2級アミン構造は、アミノ基とエポキシ基との反応により得られる。反応条件については特に限定されるものではないが、例えば、水中、室温下、pH 8～10の条件で

反応させる方法等がある。

上記化学式（10）で示されるカルバメート結合は、ヒドロキシル基とイソシアナート基または炭酸ジエステルとの反応等により得られる。適切な反応条件については、組合わせによって異なり、特に限定されるものではない。例えば、ヒドロキシル基とイソシアナート基との組合わせの場合、トルエン溶媒中、還流下でヒドロキシル基とイソシアナート基とを反応させる方法等がある。

上記化学式（11）で示されるアリールアミン構造は、アミノ基とハロゲン化アリール基またはスルホン化アリール基との反応等によって得られる。適切な反応条件については、それぞれの組合わせによって異なり、特に限定されるものではないが、具体的には、例えば、アミノ基とハロゲン化アリール基の場合、アルカリ条件下、水溶液中で、アミノ基とハロゲン化アリール基とを反応させる方法等がある。なお、上記化学式（11）中の Ar^1 は、アリール基を示している。

上記化学式（12）で示されるアリールチオエーテル結合は、メルカプト基とハロゲン化アリール基またはスルホン化アリール基との反応等により得られる。適切な反応条件については、それぞれの組合わせによって異なり、特に限定されるものではないが、具体的には、例えば、メルカプト基とハロゲン化アリール基との場合、メタノール溶媒中、0℃でピペリジンを触媒として用いて、メルカプト基とハロゲン化アリール基を反応させる方法等がある。なお、上記化学式（12）中の Ar^2 は、アリール基を示している。

上記化学式（13）で示されるスルフィド結合は、メルカプト基と、スルフィド結合との交換反応によって得られる。適切な反応条件は、特

に限定されるものではなく、例えば、pH 7～8の水溶液中、室温でメルカプト基とスルフィド結合とを反応させる方法等がある。

上記化学式(14)で示されるチオエーテル結合は、メルカプト基と、アクリロイル基またはマレイン酸イミドとの反応等により得られる。

5 適切な反応条件については、それぞれの組合わせによって異なり、特に限定されるものではないが、具体的には、例えば、メルカプト基とアクリロイル基との場合、中性～アルカリ性溶液中で、メルカプト基とアクリロイル基とを反応させる方法等がある。

10 上記化学式(15)で示されるβ-アミノチオエーテル結合は、メルカプト基とアジリジンまたはイミンとの反応等により得られる。適切な反応条件については、それぞれの組合わせによって異なり、特に限定されるものではないが、具体的には、例えば、メルカプト基とアジリジン基との場合、水溶液中、弱アルカリ条件下で反応させる方法等がある。

15 上記化学式(16)で示されるビニル結合は、ビニル重合反応等により得られる。適切な反応条件については、それぞれの組合わせによって異なり、特に限定されるものではないが、具体的には、例えば、ビニル基を導入したTiO₂粒子(酸化チタン粒子)に対して、高分子基材からビニル基化合物をグラフト重合させることにより、両者を結合させる方法等がある。

20 これらの化学結合は、酸化チタンの粒子表面の反応性官能基と高分子基材表面の活性基との間の反応によって得られる。従って、上記例示の組合わせのうち、一方が反応性官能基であり、他方が活性基であればよい。具体的には、例えば、アミノ基と、カルボキシル基との反応により、化学式(1)に示すようなアミド結合を得る場合、アミノ基は上記活

性基であってもよく、また、反応性官能基であってもよい。同様に、カルボキシル基が反応性官能基であってもよく、また、活性基であってもよい。

(活性基導入工程)

5 ここで、高分子基材に活性基を導入する工程（活性基導入工程）について説明する。

10 高分子基材に活性基を導入する方法としては、例えば、高分子基材の表面に、例えば、酸・アルカリ処理、コロナ放電および／またはプラズマ照射を施した後、表面グラフト重合法等を行うことにより導入する等の方法が挙げられる。

 ここで、表面グラフト重合法を用い、高分子基材としてポリジメチルシクロヘキサン系シリコーンゴムを用いる場合における、活性基の導入方法の例について説明する。

15 高分子基材であるポリジメチルシロキサン系シリコーンゴムに、グラフト重合により、活性基を導入する場合、まず、高分子基材の表面をコロナ処理またはプラズマ照射により処理した後、この処理された高分子基材と上記活性基を有する重合性単量体とを溶媒に投入し、不活性ガス雰囲気下、かつ、減圧下で重合する。

20 上記溶媒としては、例えば、水；トルエン、ヘキサン等の炭化水素系溶媒；アルコール類；テトラヒドロフラン、ジエチルエーテル等のエーテル系溶媒；アセトン、メチルエチルケトン等のケトン系溶媒；等が挙げられる。上記溶媒の使用量の下限值としては、上記処理された高分子基材1重量部に対して、0.1重量部以上がより好ましく、1.0重量部以上がさらに好ましい。上記溶媒の使用量が0.1重量部よりも少な

い場合には、高分子基材の表面に、活性基を均一に導入することが難しくなる。一方、上記溶媒の使用量の上限値としては、上記処理された高分子基材 1 重量部に対して、1000 重量部以下がより好ましく、500 重量部以下がさらに好ましい。上記溶媒の使用量が 1000 重量部より多い場合には、経済的でない。

また、上記グラフト重合に用いる重合性単量体としては、酸化チタン粒子の表面の反応性官能基と反応して化学結合を形成する活性基を末端（または側鎖）に有していれば特に限定されるものではない。換言すると、重合性単量体は、例えば、上記化学式（1）～（16）に示される化学結合を形成するための活性基を有している。上記重合性単量体としては、具体的には、例えば、（メタ）アクリル酸、アコニット酸、イタコン酸、メサコン酸、シトラコン酸、フマル酸、マレイン酸、ビニルスルホン酸、アクリルアミド、2-メチルプロパンスルホン酸、ビニルスルホン酸、および、これらの各種金属塩またはハロゲン化物；（メタ）アクリルアミド、2-ヒドロキシエチル（メタ）アクリレート、（メタ）アクリル酸モノグリセロール、N-〔トリス（ヒドロキシメチル）メチル〕アクリルアミド、N-ビニルピロリドン、N-（メタ）アクリロイルピロリドン、アクリロイルモルホリン、マレイン酸イミド、無水マレイン酸；アミノスチレン、カルボキシスチレン等のスチレン系単量体；グリシジル（メタ）アクリレート、（メタ）アクリロイルオキシエチルトリメトキシシラン、ビニルベンジルアミン等が挙げられる。

上記重合性単量体の添加量の下限値としては、酸化チタン粒子 1 重量部に対して、0.001 重量部以上がより好ましく、0.01 重量部以上がさらに好ましい。上記重合性単量体の添加量が 0.001 重量部よ

りも少ない場合には、高分子基材の表面に十分な量の活性基を導入することが困難になる。一方、上記重合性単量体の添加量の上限值としては、酸化チタン粒子1重量部に対して、100重量部以下がより好ましく、50重量部以下がさらに好ましい。上記重合性単量体の添加量が100重量部よりも多い場合には経済的でない。

また、上記高分子基材と重合性単量体とを重合させる重合温度の下限值としては、40℃以上がより好ましく、50℃以上がさらに好ましい。上記重合温度が40℃よりも低い場合には、グラフト重合が十分に行われない場合がある。一方、重合温度の上限值としては、100℃以下がより好ましく、80℃以下がさらに好ましい。上記重合温度が100℃よりも高い場合には、グラフト効率が減少する場合がある。

また、高分子基材に活性基として、例えば、ビニル基を導入するには、高分子基材と、活性基含有化合物とを、触媒、重合禁止剤および溶媒の混合溶液中で反応させればよい。

上記活性基含有化合物としては、具体的には、例えば、2-メタクリロイルオキシエチルイソシアネート、ヘキサメチレンジイソシアネート等が挙げられる。上記溶媒としては、極性溶媒が好ましく、例えば、脱水ジメチルスルフォキシド、脱水ジメチルフォルムアミド等が好適に使用される。重合禁止剤は、高分子基材に導入された活性基同士、および、活性基含有化合物同士が重合しないために添加する。上記重合禁止剤としては、例えば、ヒドロキノン等が挙げられる。触媒としては、例えば、ジブチルチン(IV)ジラウレート等が挙げられる。

上記活性基含有化合物の添加量の下限值としては、高分子基材に対して、10重量%以上がより好ましく、50重量%以上がさらに好ましく

、100重量%以上が特に好ましい。上記添加量が10重量%よりも少ないと、高分子基材に、十分な量の活性基が導入されない場合がある。一方、上記添加量の上限值としては、高分子基材に対して、500重量%以下がより好ましく、400重量%以下がさらに好ましく、300重量%以下が特に好ましい。上記添加量が500重量%よりも多いと経済的でない。

そして、反応温度の下限值としては、30℃以上がより好ましく、40℃以上がさらに好ましく、45℃以上が特に好ましい。上記反応温度が30℃よりも低ければ、反応が十分に起こらず、高分子基材に活性基が導入されない場合がある。一方、反応温度の上限值としては、100℃以下がより好ましく、80℃以下がさらに好ましく、60℃以下が特に好ましい。反応温度が100℃よりも高いと、高分子基材に導入された活性基同士が反応する恐れがある。また、高分子基材が劣化する場合もある。なお、反応時間は、反応温度等により適宜設定すればよい。以上のような条件で反応させることにより、高分子基材に活性基を簡単に導入することができる。

高分子基材に対する活性基の導入率（重量%）の下限值としては、0.1重量%以上がより好ましく、1.0重量%以上がさらに好ましく、2.0重量%以上が特に好ましい。導入率が0.1重量%よりも少ないと、高分子基材に導入されるアルコキシシリル基の数が少なくなり、酸化チタン複合体を製造することができなくなる恐れがある。一方、導入率の上限值としては、30重量%以下がより好ましく、25重量%以下がさらに好ましく、20重量%以下が特に好ましい。上記導入率が30重量%よりも多いと、高分子基材に導入された活性基の数が多くなり、

この活性基同士が反応する場合がある。

なお、上記活性基は、高分子基材の表面の高分子が有する活性基であってもよい。

(反応性官能基導入工程)

5 上記酸化チタンに反応性官能基を導入する工程（反応性官能基導入工程）について以下に説明する。酸化チタンに反応性官能基を導入する方法としては、具体的には、例えば、反応性官能基を有するシランカップリング剤と酸化チタンとを反応させればよい。

10 ここで、上記シランカップリング剤について説明する。シランカップリング剤は、化学式（17）に示すような化学構造をしている。



15 上記Zは、各種合成樹脂等の有機材料（高分子基材または高分子基材が有する活性基）と化学結合することができる反応性官能基であればよく、具体的には、例えば、ビニル基、エポキシ基、アミノ基、（メタ）アクリロキシ基、メルカプト基等の上記化学式（1）～化学式（16）に示される化学結合を形成することができる基が挙げられる。すなわち、本実施の形態で使用されるシランカップリング剤は、少なくとも反応性官能基を有している。また、上記Si-(OR)₃は、酸化チタンと化学結合することができる官能基であればよく、具体的には、ORとしては、例えば、メトキシ基、エトキシ基等が挙げられる。また、上記化学式（17）中の反応性官能基Zと、Siとは、高分子鎖で結合されていてもよく、低分子鎖で結合されていてもよく、直接結合されていてもよい。また、上記3つのORは、同じであってもよく、互いに異なってもよい。すなわち、上記3つのORのうちの少なくとも1つが酸化

20

チタンと化学結合することができる官能基であればよい。

すなわち、上記シランカップリング剤としては、具体的には、例えば、ビニルトリクロルシラン、ビニルトリメトキシシラン、ビニルトリエトキシシラン等のビニル系シランカップリング剤； β -(3,4エポキシシクロヘキシル)エチルトリメトキシシラン、 γ -グリシドキシプロピルトリメトキシシラン、 γ -グリシドキシプロピルメチルジエトキシシラン、 γ -グリシドキシプロピルトリエトキシシラン等のエポキシ系シランカップリング剤；p-スチリルトリメトキシシラン等のスチリル系シランカップリング剤； γ -メタクリロキシプロピルメチルジメトキシシラン、 γ -メタクリロキシプロピルトリメトキシシラン、 γ -メタクリロキシプロピルメチルジエトキシシラン、 γ -メタクリロキシプロピルトリエトキシシラン等のメタクリロキシ系シランカップリング剤； γ -アクリロキシプロピルトリメトキシシラン等のアクリロキシ系シランカップリング剤；N- β -(アミノエチル) γ -アミノプロピルトリメトキシシラン、N- β -(アミノエチル) γ -アミノプロピルメチルジメトキシメトキシシラン、N- β -(アミノエチル) γ -アミノプロピルトリエトキシシラン、 γ -アミノプロピルトリメトキシシラン、 γ -アミノプロピルトリエトキシシラン、 γ -トリエトキシ-N-(1,3ジメチル-ブチリデン)プロピルアミン、N-フェニル- γ -アミノプロピルトリメトキシシラン、N-(ビニルベンジル)- β -アミノエチル- γ -アミノプロピルトリメトキシシランの塩酸塩、特殊アミノシラン等のアミノ系シランカップリング剤； γ -ウレイドプロピルトリエトキシシラン等のウレイド系シランカップリング剤； γ -クロロプロピルトリメトキシシラン等のクロロプロピル系シランカップリング剤； γ -メ

ルカプトプロピルトリメトキシシラン、γ-メルカプトプロピルメチルジメトキシシラン等のメルカプト系シランカップリング剤；ビス（トリエトキシプロピル）テトラスルフィド等のスルフィド系シランカップリング剤；γ-イソシアネートプロピルトリエトキシシラン等のイソシアネート系シランカップリング剤等が挙げられる。上記例示のシランカップリング剤のうち、重合性モノマーであるという点で、γ-メタクリロキシプロピルトリメトキシシランがより好ましい。上記シランカップリング剤は、高分子基材の種類、および、高分子基材が有する活性基の種類等によって適宜選択すればよい。

上述したように、シランカップリング剤は、一方の端に反応性官能基を有しており、他方の端に官能基を有しているので好適に使用することができる。なお、上記反応性官能基とは、活性基と反応することができるものである。また、官能基とは、酸化チタンと反応することができるものである。また、以下の説明では、シランカップリング剤を用いて酸化チタンに活性基を導入する例について説明する。

上記反応性官能基を有するシランカップリング剤と酸化チタンとを反応させる際の反応条件としては、反応の種類、用いるシランカップリング剤の種類等によって異なり、特に限定されるものではない。また、上記反応の種類としては、例えば、乾式法や湿式法等が好適である。

乾式法の場合には、高速攪拌機中に酸化チタンの粒子を投入して、そこに、一端に官能基、他端に反応性官能基を有するシランカップリング剤を滴下、または、スプレーにより添加し均一に攪拌した後に乾燥させるようになっている。このとき、シランカップリング剤の添加量としては、酸化チタン粒子1重量部に対して0.0001～10重量部の範囲

内がより好ましい。

一方、湿式法の場合には、有機溶媒中に、酸化チタンの粒子とシランカップリング剤とを添加して、攪拌しながら、室温～150℃の温度範囲内で、10分～10日間反応させた後、溶媒および未反応のシランカップリング剤を除去して、乾燥させるようになっている。

このとき、用いる有機溶媒としては、例えば、トルエン、ヘキサン等の炭化水素系溶媒；テトラヒドロフラン、ジエチルエーテル等のエーテル系溶媒；アセトン、メチルエチルケトン等のケトン系溶媒；等が挙げられる。上記有機溶媒の使用量の下限值としては、酸化チタン粒子（酸化チタンの粒子）1重量部に対して、0.1重量部以上がより好ましく、0.5重量部以上がさらに好ましい。上記有機溶媒の使用量が0.1重量部よりも少ない場合には、反応系が均一になり難く、酸化チタン粒子の表面が均一に修飾されない場合がある。一方、上記有機溶媒の使用量の上限值としては、酸化チタン粒子1重量部に対して、1000重量部以下がより好ましく、50重量部以下がさらに好ましい。上記有機溶媒の使用量が1000重量部よりも多い場合には、経済的でない。

シランカップリング剤の添加量の下限值としては、酸化チタン粒子1重量部に対して、0.0001重量部以上がより好ましく、0.001重量部以上がさらに好ましい。シランカップリング剤の添加量が0.0001重量部よりも少ない場合には、酸化チタン粒子の表面に導入される反応性官能基の量が十分でなくなる恐れがある。一方、シランカップリング剤の添加量の上限值としては、酸化チタン粒子1重量部に対して、10重量部以下がより好ましく、5重量部以下がさらに好ましい。シランカップリング剤の添加量が10重量部よりも多い場合には、経済的

でない。なお、この理由については、上記乾式法の場合も同様である。

また、反応温度の下限値としては、室温（25℃）以上がより好ましい。反応温度が室温よりも低い場合には、反応に長時間を要する場合がある。一方、反応温度の上限値としては、150℃以下がより好ましく、100℃以下がさらに好ましい。反応温度が150℃よりも高い場合には、シランカップリング剤の末端の反応性官能基および／または官能基が好ましくない副反応を起こす場合がある。

また、反応性官能基導入工程によって、反応性官能基が導入された酸化チタンの光触媒活性を長時間持続させるためには、上記反応温度は、80℃程度が好ましい。

（反応工程）

反応工程では、上記活性基導入工程により高分子基材に導入された活性基と、反応性官能基導入工程により酸化チタンに導入された反応性官能基とを反応させる。具体的には、上記酸化チタンを分散させた分散液に、上記高分子基材を浸漬することにより、高分子基材の表面に酸化チタンを吸着させる。そして、上記反応性官能基と上記活性基とを反応させる。なお、以下の説明では、高分子基材にシリコーンゴムを用い、上記高分子基材と酸化チタンとをアミド結合により結合させる例について説明する。

上記酸化チタンを分散させる分散媒としては、具体的には、例えば、水；トルエン、ヘキサン等の炭化水素系溶媒；アルコール類；テトラヒドロフラン、ジエチルエーテル等のエーテル系溶媒；アセトン、メチルエチルケトン等のケトン系溶媒；等の有機溶媒が挙げられる。上記例示の溶媒のうち、酸化チタンを良好に分散させる点で、水、アルコール類

が好適に使用される。また、例えば、ヘキサンやトルエン等の炭化水素系溶媒を用いる場合、酸化チタンを良好に分散させるためには、例えば、①スターラー等の攪拌装置で強力に攪拌する、②超音波装置を用いて分散させる、③上記攪拌装置および超音波装置を併用する、等の方法を用いればよい。

上記分散液の調整において、酸化チタンの添加量の下限值としては、上記分散媒に対して、0.1重量%以上がより好ましく、0.2重量%以上がさらに好ましく、0.5重量%以上が特に好ましい。上記酸化チタンの添加量が0.1重量%よりも少ないと、高分子基材の表面に均一に酸化チタンが吸着せず、均一な被覆表面を形成できなくなる場合がある。一方、上記酸化チタンの添加量の上限值としては、上記分散媒に対して、5.0重量%以下がより好ましく、4.0重量%以下がさらに好ましく、3.0重量%以下が特に好ましい。上記添加量が5.0重量%よりも多い場合には、高分子基材の表面に吸着する酸化チタンの量よりも、分散液に残存する酸化チタンの量が著しく多くなり、経済的でない。

上記高分子基材の表面に吸着した酸化チタンの反応性官能基と上記活性基とを反応させる反応温度の下限值としては、25℃以上がより好ましく、50℃以上がさらに好ましく、80℃以上が特に好ましい。上記反応温度が25℃よりも低いと、反応性官能基と上記活性基とが反応しない場合がある。一方、上記反応温度の上限值としては、200℃以下がより好ましく、175℃以下がさらに好ましく、150℃以下が特に好ましい。上記反応温度が200℃よりも高い場合には、高分子基材が分解する場合がある。

5 なお、上記分散液に高分子基材を浸漬した後、反応させる前に、上記分散媒と同じ溶媒で、高分子基材を洗浄することがより好ましい。上記高分子基材を浸漬した後の高分子基材の表面には、酸化チタンが積層されており、洗浄しないで反応させると、酸化チタンが積層された状態のまま、複合化するため、高分子基材の物性を損なわせたり、強度が不十分になる場合がある。

10 また、必要に応じて、真空条件下で反応させてもよい。真空条件下で酸化チタンの反応性官能基と高分子基材の活性基とを反応させることにより、より早く酸化チタン複合体を製造することができる。なお、真空条件下で反応させる場合、反応を行う圧力としては、 0.01 mmHg (1.33 Pa) $\sim 10 \text{ mmHg}$ (1.33 kPa) の範囲内が好ましい。

15 なお、高分子基材の種類、反応性官能基および／または活性基の種類によって、上記反応工程の反応条件や溶媒の種類等は適宜変更すればよい。

(酸化チタン複合体)

20 以上の製造方法により得られた本実施の形態にかかる酸化チタン複合体は、高分子基材の表面に、酸化チタンが化学結合されている。具体的には、酸化チタンに導入された反応性官能基と上記高分子基材が有する活性基とが、化学結合している。これにより、従来の酸化チタン複合体に比べて、酸化チタンが高分子基材から剥離し難くなっている。言い換えると、長期間、高分子基材の表面に酸化チタンを定着させておくことが可能となる。従って、酸化チタンの機能を長期間持続することができる酸化チタン複合体を提供することができる。

また、得られた酸化チタン複合体の酸化チタン層の厚さとしては、高分子基材の厚さ、および、使用する用途により異なるが、例えば、経皮カテーテル用途の場合には、高分子基材の厚さを100%としたとき、0.0001%~100%の範囲内がより好ましく、0.001%~10%の範囲内がさらに好ましい。上記酸化チタン層の厚さを上記範囲とすることにより、高分子基材の特性を損なわせることなく、生体適合性の優れた酸化チタン複合体を得ることができる。また、得られた酸化チタン複合体は、高分子基材の表面に酸化チタンが結合されており、柔軟性に優れている。

このように、本実施の形態にかかる酸化チタン複合体は、柔軟性、強度、生体に対する密着性および生体適合性に優れるため、経皮カテーテル、経皮端子等の経皮医療器具；人工血管、人工器官等の人工臓器等の医療用材料として好適に使用することができる。また、本実施の形態にかかる製造方法では、従来と比べて、より一層簡単、かつ、複雑な形状の酸化チタン複合体を製造することが可能である。

また、酸化チタンは、殺菌性に優れている。具体的には、紫外線型光触媒酸化チタンに紫外線、もしくは可視型光触媒酸化チタンの場合には可視光を照射することにより、殺菌効果を発現することができる。従って、本実施の形態にかかる酸化チタン複合体を、例えば、経皮デバイス（例えば、カテーテル）として生体内に埋設した場合、経皮デバイスの接合部付近に繁殖した様々な生体に害をなす菌等を殺菌、および上記菌による感染を防止することが簡単にできる。具体的には、生体外から、酸化チタン複合体に対して紫外線を照射することにより、殺菌することが容易に可能となる。これにより、感染を防止することが可能となる。

従って、本実施の形態にかかる酸化チタン複合体は、例えば、人工臓器に付随した経皮デバイスの創製や、生体内に長期間に渡り埋植する場合に、生体内排除を抑制可能とする生体内インプラント材料の創製、在宅治療における輸液、栄養補給に伴う生体装着デバイスの創製等の医療用高分子に特に好適である。

また、光触媒としての活性を制御するために、有機物または無機物で被覆した酸化チタン粒子も複合化に用いることができる。表面被覆に用いることができる無機物としては、例えば、ハイドロキシアパタイトが挙げられ、有機物としては、例えば、メタクリレート化合物が挙げられるが、上記これらに限定されるものではない。

また、本実施の形態にかかる酸化チタン複合体は、光により細胞の吸着・脱着を制御することが可能であるので、再生医療用細胞シート作製培養シャーレ等にも応用することができる。

また、酸化チタンを高分子基材の表面により長時間、固着（定着）させておくことが可能となるので、脱臭剤、抗菌・抗カビ材、水処理材、防曇材、防汚材として、好適に使用することができる。

また、酸化チタンによる高分子基材の新規な表面修飾法を提供することができる。

また、本実施の形態にかかる酸化チタン複合体の上に、必要に応じて、例えば、リン酸カルシウム系の化合物を積層させることもできる。リン酸カルシウム系の化合物は、生体安定性に優れているため、本実施の形態にかかる酸化チタン複合体に積層させることにより、生体材料として好適に使用することができる。

上記酸化チタン複合体の酸化チタンの上に、さらにリン酸カルシウム

系の化合物を積層させる方法としては、具体的には、例えば、（１）重合性単量体とリン酸カルシウム系の化合物からなる混合物の粒子を、この酸化チタン複合体、すなわち、高分子基材の酸化チタンが修飾された面の上に塗布して、その後、熱、光、または放射線等により重合性単量体
5 体を重合させて固化させる方法、（２）上記酸化チタン複合体をカルシウムイオンとリン酸イオンとを含む溶液に浸漬して、リン酸カルシウム系の化合物を析出させる方法、（３）上記酸化チタン複合体を、カルシウムイオンを含む溶液とリン酸イオンを含む溶液とに交互に浸漬して、リン酸カルシウム系の化合物を析出させる方法等が挙げられる。また、
10 上記（１）の方法の場合には、適当な形状の型を用いることで、リン酸カルシウム系の化合物を所望の形状に積層させることができる。

〔実施の形態２〕

本発明の他の実施の形態について以下に説明する。なお、説明の便宜上、前記実施の形態１にて示した各部材と同一の機能を有する部材には
15 、同一の符号を付記し、その説明を省略する。

本実施の形態にかかる酸化チタン複合体は、酸化チタンが、酸化チタンと化学結合可能な官能基を有する高分子基材に化学結合してなる酸化チタン複合体であって、上記酸化チタンと上記官能基とが、直接、化学結合してなる構成である。

20 本実施の形態にかかる高分子基材の表面には、上記酸化チタンと化学結合可能な官能基を有している。上記「酸化チタンと、上記高分子基材が有する酸化チタンと反応可能な官能基とが、直接、化学結合してなる」とは酸化チタン自身と上記官能基とが直接、化学結合していることである。つまり、本発明の酸化チタン複合体は、高分子基材が有している

官能基と酸化チタンが有している水酸基とが化学結合している。上記官能基としては、具体的には、例えば、アルコキシシリル基およびイソシアネート基等からなる群より選ばれる少なくとも1種類の官能基が挙げられる。上記高分子基材表面の官能基は、基材表面の高分子が有する官能基であってもよく、また、基材表面を、例えば、酸・アルカリ処理、
5 コロナ放電、プラズマ照射、表面グラフト重合等の公知の手段によって、上記高分子基材を改質することにより導入されたものであってもよい。

また、本実施の形態にかかる酸化チタン複合体の製造方法は、酸化チタンが、高分子基材に化学結合してなる酸化チタン複合体の製造方法であって、上記高分子基材に、酸化チタンと化学結合可能な官能基を導入する導入工程を行い、上記高分子基材の官能基と上記酸化チタンとを反応させる官能基反応工程とを含む方法である。

(導入工程)

15 上記導入工程では、高分子基材に、酸化チタンと化学結合可能な官能基を導入する。なお、以下の説明では、高分子基材に、酸化チタンと化学結合可能な官能基としてアルコキシシリル基を導入する場合について説明する。

20 上記高分子基材に、官能基を導入する方法、すなわち、導入工程としては、公知の方法により行えばよく、特に限定されるものではないが、例えば、分子末端に、官能基を有するシランカップリング剤等を用いることにより、高分子基材に上記官能基を導入することができる。

ここで、高分子基材にアルコキシシリル基を導入する方法の1つとして、シランカップリング剤を用いて導入する方法について説明する。

なお、高分子基材にアルコキシシリル基を導入する方法は、この方法に限定されるものではなく、種々の方法を採用することができる。

上記シランカップリング剤を用いて、高分子基材にアルコキシシリル基を導入する方法としては、具体的には、例えば、コロナ処理を施した
5 高分子基材に、末端に官能基を有するシランカップリング剤を直接導入してもよい。また、界面活性剤と過酸化系開始剤とを用いて高分子基材からプロトン（水素原子）を引き抜いてラジカルを発生させることにより、上記官能基を有する非水溶性モノマーを高分子基材に、直接、グラフト重合させることができる。この方法を用いることにより、高分子基
10 材に酸化チタンと化学結合可能な官能基を、直接、導入することができる。

また、高分子基材にアルコキシシリル基を導入する方法としては、例えば、高分子基材に予め、上記シランカップリング剤が有する反応性官能基と反応することができる活性基を導入しておき、この活性基とシ
15 ランカップリング剤の反応性官能基とを反応させることにより、高分子基材にアルコキシシリル基を導入してもよい。なお、上記活性基とは、具体的には、例えば、ビニル基、アミノ基等が挙げられるが、特に限定されるものではなく、上記シランカップリング剤の反応性官能基（上記化学式（17）のZ）の種類に応じて、適宜設定すればよい。従って、本
20 実施の形態で使用するシランカップリング剤は、少なくとも官能基を有していればよく、官能基と反応性官能基とを有していることがより好ましい。なお、上記官能基とは、酸化チタン自身（酸化チタンが有する水酸基）と化学結合可能なものであり、反応性官能基とは、上記活性基または高分子基材自身と化学結合可能なものである。

ここで、高分子基材としてシルクフィブロインを用い、このシルクフィブロインに、活性基であるビニル基を導入しておき、このビニル基とシランカップリング剤の反応性官能基とを反応させることにより、高分子基材にアルコキシシリル基（ $\text{Si}-\text{OR}$ ）を導入する方法の具体的条件について説明する。

上記高分子基材に活性基を導入する工程については、実施の形態1の活性基導入工程と同じであり、詳細な説明は省略する。

次に、高分子基材に導入された活性基と、それぞれの末端に反応性官能基と官能基とを有するシランカップリング剤とを重合することにより、高分子基材に官能基であるアルコキシシリル基を導入する。

上記シランカップリング剤としては、官能基を有し、かつ、末端の反応性官能基が、高分子基材に導入された活性基と重合することができるものであればよく、特に限定されるものではないが、活性基としてビニル基を導入した場合には、上記メタクリロキシ系シランカップリング剤である例えば、γ-メタクリロキシプロピルトリメトキシシラン等が好適に使用することができる。

そして、上記シランカップリング剤と活性基が導入された高分子基材とを、重合開始剤、溶媒の存在下で重合させることにより、高分子基材に官能基であるアルコキシシリル基を導入することができる。

上記溶媒としては、トルエン、ヘキサン等の炭化水素系溶媒等の無極性の有機溶媒が好適に使用される。

また、重合開始剤としては、例えば、アゾビスイソブチロニトリル、過酸化ベンゾイル等を用いればよい。

上記シランカップリング剤の使用量（添加量）の下限值としては、上

記活性基が導入された高分子基材に対して、10重量%以上がより好ましく、50重量%以上がさらに好ましく、100重量%以上が特に好ましい。上記使用量が10重量%よりも少ないと、十分な酸化チタンと反応するだけのアルコキシシリル基を導入することができない場合がある。

5。一方、上記使用量の上限値としては、500重量%以下がより好ましく、400重量%以下がさらに好ましく、300重量%以下が特に好ましい。上記使用量が500重量%よりも多いと、経済的でない。

また、重合は、窒素雰囲気下で行うことがより好ましい。重合温度の下限值としては、40℃以上がより好ましく、45℃以上がさらに好ましく、50℃以上が特に好ましい。重合温度が40℃よりも低いと、重合が十分に起こらず、高分子基材に官能基が導入されない場合がある。

10。一方、重合温度の上限値としては、80℃以下がより好ましく、75℃以下がさらに好ましく、70℃以下が特に好ましい。重合温度が80℃よりも高いと、高分子基材が劣化する場合がある。なお、重合時間としては、所望の導入率（高分子基材に官能基が導入される割合）となるように適宜設定すればよい。

15

また、高分子基材に対する上記官能基の導入率（重量%）の下限值としては、0.1重量%以上がより好ましく、1重量%以上がさらに好ましい。ここで、導入率とは、高分子基材の単位重量あたりに導入されたシランカップリング剤の重量の割合である。上記導入率が0.1重量%以上であれば、上記高分子基材に、生体適合性を発現することができる十分な量の、酸化チタンを結合させることができる。一方、上記導入率の上限値としては、特に限定されるものではないが、上記導入率が100重量%よりも高いと、高分子基材に結合する酸化チタンの量が多くな

20

りすぎ、経済的でない場合がある。

なお、高分子基材に、アルコキシシリル基を導入する方法としては、上記説明の方法に限定されるものではなく、種々の方法を用いることができる。また、上記反応条件については、高分子基材、活性基含有化合物およびシランカップリング剤の種類等によって、適宜設定されるものであり、特に限定されるものではない。このようにして、高分子基材の表面に官能基を導入することができる。

なお、上記官能基がイソシアネート基である場合であり、かつ、イソシアネート基を末端に有するモノマーを高分子基材と重合することにより、高分子基材にイソシアネート基を導入する場合には、イソシアネート基が反応溶媒中の活性水素と反応して失活する恐れがあるため、脱水ジメチルスルフォキシド、脱水ジメチルフォルムアミド等の脱水溶媒中で反応させることが好ましい。

また、活性水素を有する、水またはアルコール中で、末端にイソシアネート基有するモノマーを高分子基材と反応（重合）させる場合には、上記イソシアネート基が上記活性水素と反応するため、イソシアネート基を保護する必要がある。具体的には、例えば、上記イソシアネート基を、フェノール、イミダゾール、オキシム、N-ヒドロキシイミド、アルコール、ラクタム、活性メチレン複合体等のブロック剤を用いて、保護することにより重合を行うことができる。イソシアネート基を保護している上記ブロック剤は、加熱することにより脱離させることができる。従って、イソシアネート基をブロック剤で保護しておき、他端に存在しているモノマーと高分子基材と重合させた後に、加熱することにより、高分子基材にイソシアネート基を導入することができる。つまり、表

面にイソシアネート基を有している高分子基材を得ることができる。

上記ブロック剤として、例えば、フェノールを用いた場合、110～120℃の範囲内で加熱することにより、イソシアネート基を保護しているブロック剤を脱離させることができる。また、ブロック剤として、
5 例えば、イミダゾールを用いた場合には110～130℃の範囲内、オキシムを用いた場合には130～150℃の範囲内で加熱することにより、上記ブロック剤を脱離させることができる。上記ブロック剤としては、具体的には、例えば、メチルサリチレート、メチルー

p

-ヒドロキシベンゾエート等のフェノール含有化合物；イミダゾール；メチルエチル
10 ケトキシム、アセトンオキシム等のオキシム含有化合物等が挙げられる。また、高分子基材の種類によっては、例えば、N-ヒドロキシフタルイミド、N-ヒドロキシスクシンイミド等のN-ヒドロキシイミド含有化合物；メトキシプロパノール、エチルヘキサノール、ペンツール、エチルラクテート等のアルコール含有化合物；カプロラクタム、ピロリ
15 ジノン等のラクタム含有化合物；エチルアセトアセテート等の活性メチレン化合物等を使用してもよい。

なお、上記官能基としてイソシアネートを用いた場合における、その他の反応条件（例えば、高分子基材に対する添加量）等については、上記官能基がアルコキシシリル基の場合と同様であり、詳細な説明は省略
20 する。

（官能基反応工程）

官能基反応工程では、上記高分子基材に導入された官能基（例えば、イソシアネート基、アルコキシシリル基）と上記酸化チタンとを反応させる。この官能基反応工程は、上述した反応工程と同様の条件で行えば

よく、詳細な説明は省略する。

(酸化チタン複合体)

本実施の形態にかかる酸化チタン複合体は、酸化チタンが、酸化チタンと化学結合可能な官能基を有する高分子基材に化学結合してなる酸化チタン複合体であって、上記酸化チタンと、上記高分子基材が有する官能基とが化学結合してなる構成である。

以上のようにして得られる酸化チタン複合体は、さらに、酸化チタン表面を修飾することなく（前処理を必要とすることなく）製造することができる。

また、本実施の形態にかかる酸化チタン複合体の製造方法は、酸化チタンが、酸化チタンと化学結合可能な官能基を有する高分子基材に化学結合してなる酸化チタン複合体の製造方法であって、上記高分子基材に、酸化チタンと化学結合可能な官能基を導入する導入工程と、上記高分子基材の官能基と上記酸化チタンとを反応させる反応工程を含む方法であってよい。

また、本実施の形態にかかる酸化チタン複合体は、上記酸化チタン複合体の製造方法によって製造されていることがより好ましい。

また、本実施の形態にかかる酸化チタン複合体の製造方法は、さらに、導入工程の前に、高分子基材に、活性基を導入する活性基導入工程を含み、導入工程では、反応性官能基と酸化チタンと化学結合可能な官能基とを含む化合物を用いて、該反応性官能基と上記活性基とを反応させる方法がより好ましい。

上記の構成によれば、高分子基材に上記反応性官能基と反応することができる活性基を導入するので、多種の反応性官能基を選択することが

できる。これにより、上記官能基をより簡単に導入することができる。

また、本発明にかかる酸化チタン複合体の製造方法は、酸化チタンが、高分子基材に化学結合してなる酸化チタン複合体の製造方法であって、酸化チタンと高分子基材とを化学結合させる反応工程を含む方法であ
5 ってもよい。

上記の構成によれば、酸化チタンと高分子基材とを化学結合させているので、従来と比べて、酸化チタンと高分子基材とが強固に結合した酸化チタン複合体を提供することができる。

また、本発明の酸化チタン複合体の製造方法は、酸化チタンと高分子
10 基材とが化学結合により結合された酸化チタン複合体の製造方法であって、酸化チタンに、高分子基材と反応可能な反応基を導入する反応基導入工程と、上記反応基と高分子基材とを反応させる結合工程を含む方法であって
15 てもよい。

また、このとき、一端に反応基を有し、かつ、他端に反応性官能基を
15 有するシランカップリング剤を用いることで、より簡単に酸化チタン複合体を製造することができる。

〔実施例〕

以下、実施例および比較例により、本発明をさらに詳細に説明するが、本発明はこれらにより何ら限定されるものではない。

20 以下の実施例は、高分子基材に活性基を導入して、酸化チタンに該活性基と反応可能な反応性官能基を導入した後、上記活性基と反応性官能基とを反応させることにより、酸化チタン複合体を製造する実施例である。

(酸化チタン)

酸化チタン粒子（粒子径 200～300 nm、アナターズ型、比表面積 $5 \text{ m}^2/\text{g}$ ；石原産業株式会社製）を 120°C で 24 時間乾燥させた後、300 ml 3 口フラスコに上記酸化チタン粒子 5.0 g と、無水トルエン 150 ml、 γ -アミノプロピルトリエチルシラン（信越シリコーン株式会社製、品番；KBE903）5.0 ml を入れ、 120°C で、6 時間還流することにより酸化チタンにアミノ基を導入したアミノ化酸化チタンを得た。なお、アミノ基が導入されたか否かを確認するために、（a） γ -アミノプロピルトリエチルシラン、（b）未処理のアナターズ型酸化チタン粒子、（c）アミノ基を導入した酸化チタン粒子（反応時間 30 分）、（d）アミノ基を導入した酸化チタン粒子（反応時間 6 時間）の赤外分光スペクトルを測定した。その結果を図 1 に示す。図 1 の結果から酸化チタンにアミノ基が導入されていることが分かる。

そして、得られたアミノ化酸化チタンを多量のトルエンにて遠沈法にて精製して、 60°C で 1 昼夜乾燥した。

（シリコーンゴム）

一方、高分子基材としての、厚さ 0.3 mm のシリコーンゴムシートの表面をコロナ放電により処理した。そして重合管中に、上記シリコーンゴムと 10 重量% のアクリル酸水溶液 25 ml とを入れ、減圧下で脱気した後、封緘して 60°C で 1 時間重合させることにより、アクリル酸をシリコーンゴム表面にグラフト重合させた。これにより、シリコーンゴムの表面にカルボキシル基を導入したシリコーンゴムシート（カルボキシル基導入シリコーンシート）を得た。

（酸化チタン複合体）

そして、上記アミノ基を導入したアミノ化酸化チタン粒子 40 mg を蒸留水 20 ml によく分散させて分散液とした後、1.5 cm の円形にくり抜いたカルボキシル基導入シリコーンシートを上記分散液に浸漬させて1時間静置することにより、シリコーンシートの表面に酸化チタン粒子を吸着させた。その後、酸化チタン粒子が吸着したシリコーンゴムシートを取り出し、流水中で長時間洗浄した。次に、上記洗浄したシリコーンゴムシートを 180℃、1 mmHg の減圧下、6時間加熱して、アミド結合を形成させることにより、酸化チタン複合体を得た。得られた酸化チタン複合体を走査型電子顕微鏡（以下、SEM と称する）で観察すると、図2に示すように、シリコーンゴムシートの表面に酸化チタンが化学結合していることが分かる。

（細胞接着試験）

24 マルチウエルに実施例の酸化チタン複合体のシート（直径 1.5 cm）を静置して、マウス線維芽細胞（L929 細胞） 1×10^5 個を播種した後、24時間培養した。その後、上記シートを取り出し、リン酸緩衝液にて3回洗浄した。洗浄したシートは10%中性緩衝ホルマリンで固定した後、エタノール系列で脱水した後、ブタノールで置換して、凍結乾燥を行った。そして、凍結乾燥された上記シートに白金コートを施し、SEM 試料として、酸化チタン複合体に対する細胞接着の様子を SEM にて観察した。その結果を図3に示す。この結果により、酸化チタン複合体のシートの表面には、細胞が良好に接着していることが分かる。

〔比較例〕

アミノ基を導入していない未処理のアナターズ型酸化チタン粒子の分

散液にカルボキシル基を導入していない未処理のシリコーンゴムシートを浸漬した以外は、上記実施例と同様にして、酸化チタン複合体を得た。得られた酸化チタン複合体のSEMを用いて観察した。その結果を図4に示す。

- 5 また、上記実施例と同様にして、細胞接着試験を行った。その結果を図5に示す。その結果、未処理のシリコーンゴムシートを用いた場合には、細胞の接着が認められない。

（アミノ化酸化チタンの光触媒活性）

- 10 上記の方法によって製造された、反応時間を変えて製造したアミノ化酸化チタンと、反応温度が80℃で還流した以外は上記と同様にして製造したアミノ化酸化チタンの光触媒活性を調べた。

- 15 具体的には、上記反応温度、反応時間を変えて製造したアミノ化酸化チタン粒子70mgをそれぞれ別の密封ガラス容器に静置した。そして、上記ガラス容器に濃度が300ppmとなるようにアセトアルデヒドを充填した。そこに、キセノンランプ（2000μW）の光を当てて、
20 所定時間経過後、上記ガラス容器から0.5mlのガスを採取して、ガスクロマトグラフィーで上記ガス中のアセトアルデヒド濃度を測定した。そして、その結果（アセトアルデヒドの濃度変化量）から、アセトアルデヒド分解速度係数を求めた。その結果を表1、2に示す（表1はアミノ基を導入する反応時間を異ならせて、反応温度120℃で反応させた場合のアミノ化酸化チタン（サンプル1～6）、表2はアミノ基を導入する反応時間を異ならせて、反応温度80℃で反応させた場合のアミノ化酸化チタン（サンプル7～9）の結果を示す）。このアセトアルデヒド分解速度係数が大きいほど、光触媒活性が高いことを示している。

なお、表 1、2 中、反応時間が 0 分におけるアセトアルデヒド分解速度係数は、アミノ化していない酸化チタンを用いた場合の値を示している。

表 1

	反応温度(°C)	反応時間(分)	アセトアルデヒド分解速度係数
サンプル1	120	0	31.2
サンプル2	120	10	1.03
サンプル3		30	0.61
サンプル4		90	0.29
サンプル5		120	0.24
サンプル6		180	0.30

表 2

	反応温度(°C)	反応時間(分)	アセトアルデヒド分解速度係数
サンプル7	80	0	31.2
サンプル8	80	10	23.3
サンプル9		30	5.8

この結果より、アミノ化した酸化チタンであっても光触媒活性を有していることが分かる。つまり、このアミノ化酸化チタンを用いて製造した酸化チタン複合体には、光触媒活性を有していることがわかる。また、この結果より、酸化チタン複合体には、抗菌性があることが分かる。また、反応温度が 80℃で製造したアミノ化酸化チタンのほうが、アミノ化する反応時間が少なくても、光触媒活性がより高いことがわかる。

(酸化チタン複合体の抗菌性試験)

光触媒抗菌効果試験用菌液の調整

抗菌効果試験用大腸菌 (N B R C 3 3 0 1 株) を保存状態から起こし

、活動状態にした。そして、遠沈管に無菌生理食塩水（ 0.09 mol/L ）を 5 ml （ $500.0 \mu\text{l}$ ）入れた。その後、上記大腸菌の菌液 0.5 ml （ $500 \mu\text{l}$ ）を採取して、上記遠沈管に加えて攪拌した。そして、 1000 rpm で5分間遠心分離し、上澄みを捨てて、培地成分を取り除いた。次に、残った沈殿に無菌生理食塩水 5 ml を加えて懸濁させた。そして、波長 600 nm における菌液の吸光度を測定し、吸収から菌液中の菌の濃度が 10^5 個/ml となるように希釈することにより、酸化チタン複合体（酸化チタン—シリコンコート）の光触媒抗菌効果試験用菌液（以下、大腸菌液）を調整した。

10 抗菌効果試験

無菌状態で、シャーレに試料（酸化チタン複合体；酸化チタン—シリコンシート： $\Phi 15 \text{ mm}$ ）を入れ、大腸菌液を入れたときに浮上することを抑制するためにリングで固定した。

次に、上記菌量を調整した大腸菌液（ 10^5 個/ml ） $500 (\mu\text{l})$ を試料表面に均等に滴下した。

そして、図6に示すように、菌を載置したシャーレを紫外線照射室の試料台の上に置き、温度 25°C 、湿度 70% の状態、一定時間、紫外線（波長 350 nm ）の紫外線を照射した。

より具体的には、紫外線照射装置（TOPCON株式会社製、型式FI-5L）を用いて、発光波長帯：約 $300 \sim 400 \text{ nm}$ 、ピーク波長：約 350 nm の紫外線を120分間、試料に照射した。

そして、120分間紫外線を照射後、試料を取出し、無菌生理食塩水により上記試料を1/5に希釈した。そして、希釈した試料 $100 \mu\text{l}$ をそれぞれピペットを用いて3枚の寒天培地に移した。

その後、上記試料の入った寒天培地を遮光したインキュベータで16時間、37℃で培養した。そして、シャーレを取出し、裏面から大腸菌のコロニーにペンを用いて印を付し、数えることによって生菌数を求めた。そして、上記試験を4回繰り返した（試料A）。そして、寒天培地の生菌数から計算した120分間紫外線照射後の大腸菌残数とその標準偏差（ $n=4$ ）の結果を、表3および図7に示す。

〔比較例〕

シャーレに酸化チタン複合体を入れることなく、大腸菌液のみを入れた以外は、上記抗菌効果試験と同様の操作を行い試験を行った（試料B）。その結果を表3および図7に示す。

また、シャーレに酸化チタン複合体を入れずに、大腸菌液のみを入れ、紫外線を照射することなく暗所で120分間放置した以外は、上記抗菌効果試験と同様の操作を行い試験を行った（試料C）。その結果を表3および図7に示す。

なお、以下の結果では、紫外線を照射した試料を試料A（実施例）、大腸菌液のみの試料を試料B（比較例）、大腸菌液のみであり、かつ、紫外線を照射しなかった試料を試料C（比較例）としている。

表3

	大腸菌の 平均個数	標準偏差
試料A	1775	1733
試料B	4819	2610
試料C	6413	974

上記表3および図7の結果より、t検定を用いた統計学的処理より、

試料 A、B 間、および、試料 A、C 間では、統計学的有意差があった。また、試料 B、C 間に統計学的有意差がなかった。従って、これらの結果より、本発明の酸化チタン複合体が、抗菌性を有していることが分かる。

5 以上の結果により、本実施例の酸化チタン複合体は、高分子基材に酸化チタンが結合していることがわかる。また、細胞接着試験においても、本実施例の酸化チタン複合体は、良好に細胞が接着していることがわかる。これにより、本実施例の酸化チタン複合体は、医療用材料として好適に用いることができることが分かる。

10 本発明の酸化チタン複合体は、以上のように、活性基を有する高分子基材と、該活性基と反応可能な反応性官能基を有する酸化チタンとからなる酸化チタン複合体であって、上記活性基と反応性官能基とが化学結合してなる構成である。

15 上記の構成によれば、酸化チタンと高分子基材とが化学結合によって結合されている。従って、従来の酸化チタン複合体と比べて、酸化チタンと高分子基材とを強固に固定することができる。これにより、高分子基材の表面に、長期間、酸化チタンを定着（固着）させておくことができる。

20 また、上記の構成によれば、活性基と反応性官能基とが化学結合可能な組合わせを選べばよいので、より簡単に高分子基材と酸化チタンとを化学結合させることができる。

 本発明の酸化チタン複合体は、以上のように、酸化チタンが、酸化チタンと化学結合可能な官能基を有する高分子基材に化学結合してなる酸化チタン複合体であって、上記酸化チタンと、上記官能基とが、直接、

化学結合してなる構成である。

上記「酸化チタンと、上記高分子基材が有する酸化チタンと反応可能な官能基とが、直接、化学結合してなる」とは酸化チタンと上記官能基とが直接、化学結合していることである。つまり、本発明の酸化チタン複合体は、高分子基材と酸化チタン自身とが化学結合している。

酸化チタンを複合化する方法としては、（１）酸化チタンおよび／または高分子基材を表面修飾（表面処理）した後、両者を化学結合させる方法、（２）酸化チタンおよび高分子基材を表面処理せずに化学結合させる方法が挙げられる。

上記方法（１）のうち、高分子基材のみに表面処理を行う方法、すなわち、化学的な表面処理を行っていない酸化チタンと、高分子基材の有する該酸化チタンと化学結合可能な官能基とを、直接、化学結合させる方法では、酸化チタンに、化学的前処理を施す必要がない。なお、上記化学的な表面処理とは、酸化チタンに活性基等を導入することである。

また、酸化チタン自身と高分子基材の官能基とを直接、化学結合させることにより、例えば、酸化チタンに活性基を導入する構成に比べて、酸化チタンの表面に残存した活性基が酸化チタンの特性（物性）を損なう恐れがない。

本発明の医療用材料は、以上のように、上記酸化チタン複合体を用いてなる構成である。

上記の構成によれば、上記酸化チタン複合体を用いて構成されているので、長期間、上記酸化チタン複合体を生体内に埋植した場合でも、信頼性のより一層向上した医療用材料を提供することができる。

本発明の酸化チタン複合体の製造方法は、以上のように、酸化チタン

が、高分子基材に化学結合してなる酸化チタン複合体の製造方法であって、上記高分子基材に活性基を導入する活性基導入工程と、酸化チタンに該活性基と反応可能な反応性官能基を導入する反応性官能基導入工程と、上記活性基と反応性官能基とを反応させる反応工程とを含む構成である。

上記の構成によれば、高分子基材に活性基を導入して、酸化チタンに反応性官能基を導入して、これら活性基と反応性官能基とを化学結合させている。これにより、酸化チタンと高分子基材とが化学結合された酸化チタン複合体を簡単に製造することができる。

本発明の酸化チタン複合体の製造方法は、上記反応性官能基導入工程では、反応性官能基を有するシランカップリング剤を用いる方法がより好ましい。

上記シランカップリング剤を用いることで、酸化チタンに、より簡単に反応性官能基を導入することができる。

本発明の酸化チタン複合体の製造方法は、以上のように、酸化チタンが、高分子基材に化学結合してなる酸化チタン複合体の製造方法であって、上記高分子基材に、酸化チタンと化学結合可能な官能基を導入する導入工程と、上記高分子基材の官能基と上記酸化チタンとを反応させる官能基反応工程とを含む構成である。

上記の構成によれば、高分子基材に、酸化チタンと化学結合可能な官能基を導入することにより、酸化チタンに化学的前処理を行う必要がない。従って、この化学的前処理のために酸化チタンの特性が損なわれたり、変性したりする恐れがない。

本発明の酸化チタン複合体の製造方法は、上記官能基がアルコキシシ

リル基およびイソシアネート基からなる郡より選ばれる少なくとも1種類の官能基であることがより好ましい。

アルコキシシリル基およびイソシアネート基は、酸化チタンと直接、化学結合することができるので、好適に使用することができる。

5 本発明の酸化チタン複合体の製造方法は、上記導入工程では、上記官能基を有するシランカップリング剤を用いる方法がより好ましい。

上記シランカップリング剤を用いることで、酸化チタンに、より簡単に官能基を導入することができる。

10 また、本発明の酸化チタン複合体の製造方法は、上記高分子基材が、医療用高分子材料であることがより好ましい。

上記の構成によれば、上記高分子基材を医療用高分子材料とすることにより、生体適合性が高い酸化チタン複合体を製造することができる。

15 尚、発明を実施するための最良の形態の項においてなした具体的な実施態様または実施例は、あくまでも、本発明の技術内容を明らかにするものであって、そのような具体例にのみ限定して狭義に解釈されるべきものではなく、本発明の精神と次に記載する特許請求の範囲内で、いろいろと変更して実施することができるものである。

産業上の利用の可能性

20 本発明の酸化チタン複合体は、例えば、経皮カテーテル等の医療用材料や、光触媒、脱臭材、防汚材、抗菌・抗ウィルス・防カビ材、防曇材、水処理材、抗癌剤（材）等に好適に利用できる。

請 求 の 範 囲

1. 活性基を有する高分子基材と該活性基と反応可能な反応性官能基を有する酸化チタンとを含むとともに、上記活性基と反応性官能基とが化学結合してなることを特徴とする酸化チタン複合体。

2. 上記化学結合が、アミド結合であることを特徴とする請求項1記載の酸化チタン複合体。

3. 上記高分子基材がシリコーンゴムであることを特徴とする請求項1記載の酸化チタン複合体。

4. 上記活性基と反応可能な反応性官能基を有する酸化チタンが、光触媒活性を有していることを特徴とする請求項1記載の酸化チタン複合体。

5. 請求項1記載の酸化チタン複合体を用いてなる医療用材料。

6. 酸化チタンが有する水酸基と、当該水酸基と化学結合可能な官能基を有する高分子基材とが、化学結合してなることを特徴とする酸化チタン複合体。

7. 上記官能基が、アルコキシシリル基および/またはイソシアネート基であることを特徴とする請求項6記載の酸化チタン複合体。

8. 上記高分子基材が、シルクフィブロインであることを特徴とする請求項6記載の酸化チタン複合体。

9. 請求項6記載の酸化チタン複合体を用いてなる医療用材料。

10. 高分子基材に活性基を導入する活性基導入工程と、
酸化チタンに上記活性基と反応可能な反応性官能基を導入する反応性官能基導入工程と、

上記活性基と反応性官能基とを反応させる反応工程とを含むことを特徴とする酸化チタン複合体の製造方法。

1 1. 上記反応性官能基導入工程では、反応性官能基を有するシランカップリング剤を用いることを特徴とする請求項 10 記載の酸化チタン複合体の製造方法。

1 2. 上記活性基がカルボキシル基であり、上記反応性官能基がアミノ基であることを特徴とする請求項 10 記載の酸化チタン複合体。

1 3. 上記高分子基材が、医療用高分子材料であることを特徴とする請求項 10 記載の酸化チタン複合体の製造方法。

1 4. 高分子基材に、酸化チタンが有する水酸基と化学結合可能な官能基を導入する導入工程と、

上記高分子基材の官能基と上記酸化チタンが有する水酸基とを反応させる官能基反応工程とを含むことを特徴とする酸化チタン複合体の製造方法。

1 5. 上記官能基がアルコキシシリル基およびイソシアネート基からなる群より選ばれる少なくとも 1 種類の官能基であることを特徴とする請求項 1 4 記載の酸化チタン複合体の製造方法。

1 6. 上記導入工程では、上記官能基を有するシランカップリング剤を用いることを特徴とする請求項 1 4 記載の酸化チタン複合体の製造方法。

1 7. 上記高分子基材が、医療用高分子材料であることを特徴とする請求項 1 4 記載の酸化チタン複合体の製造方法。

1/4

図 1

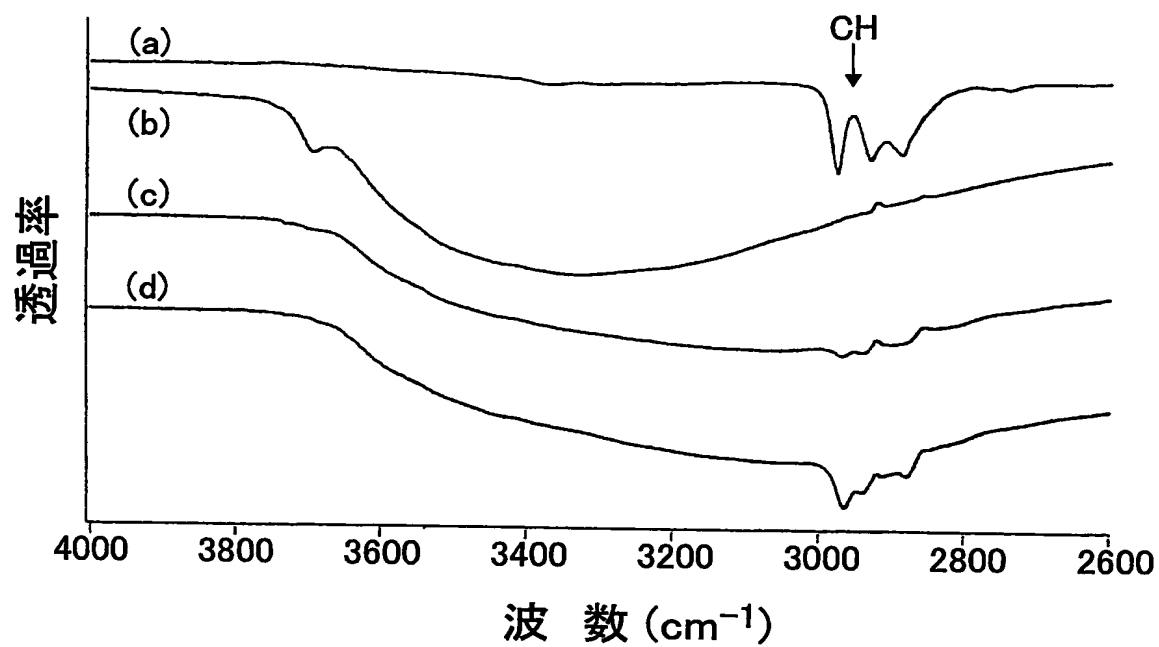
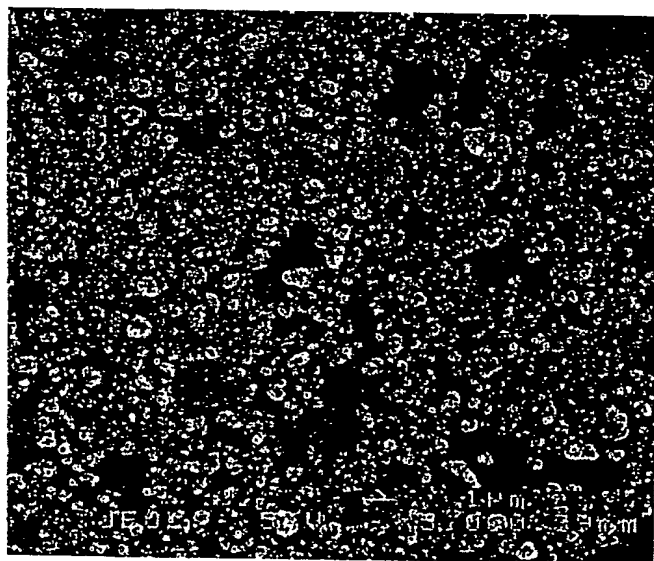


図 2



2/4

図 3

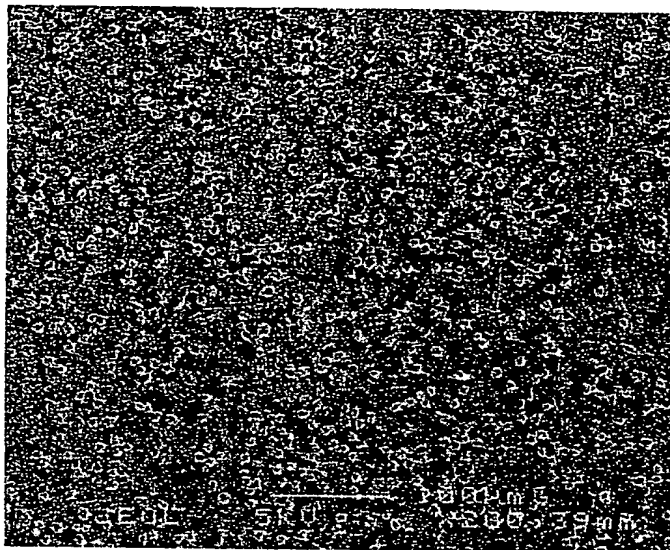


図 4

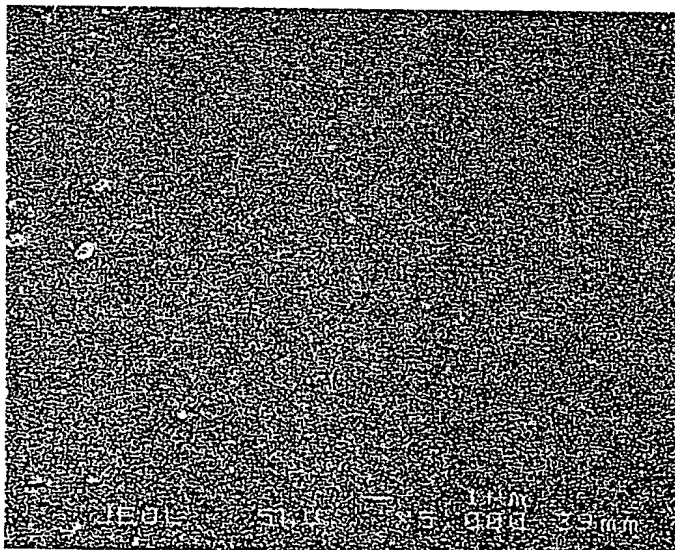


図 5

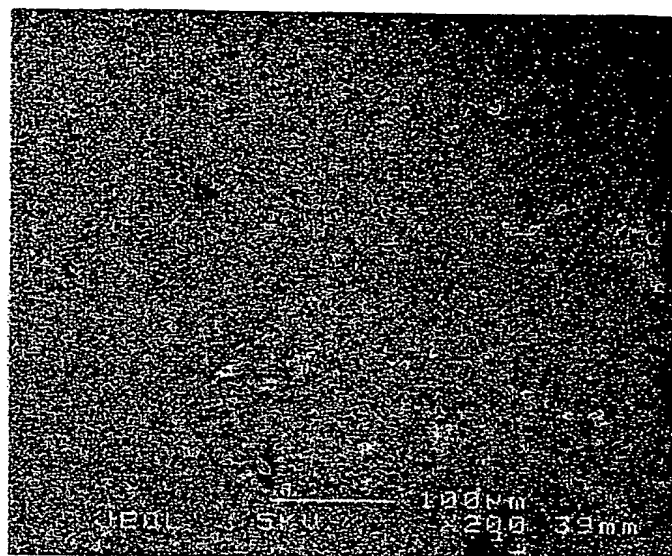


図 6

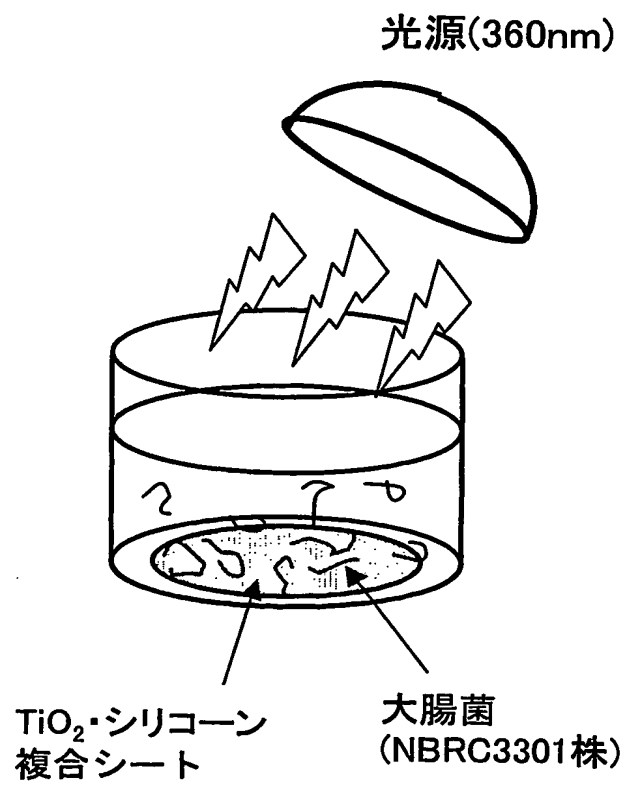
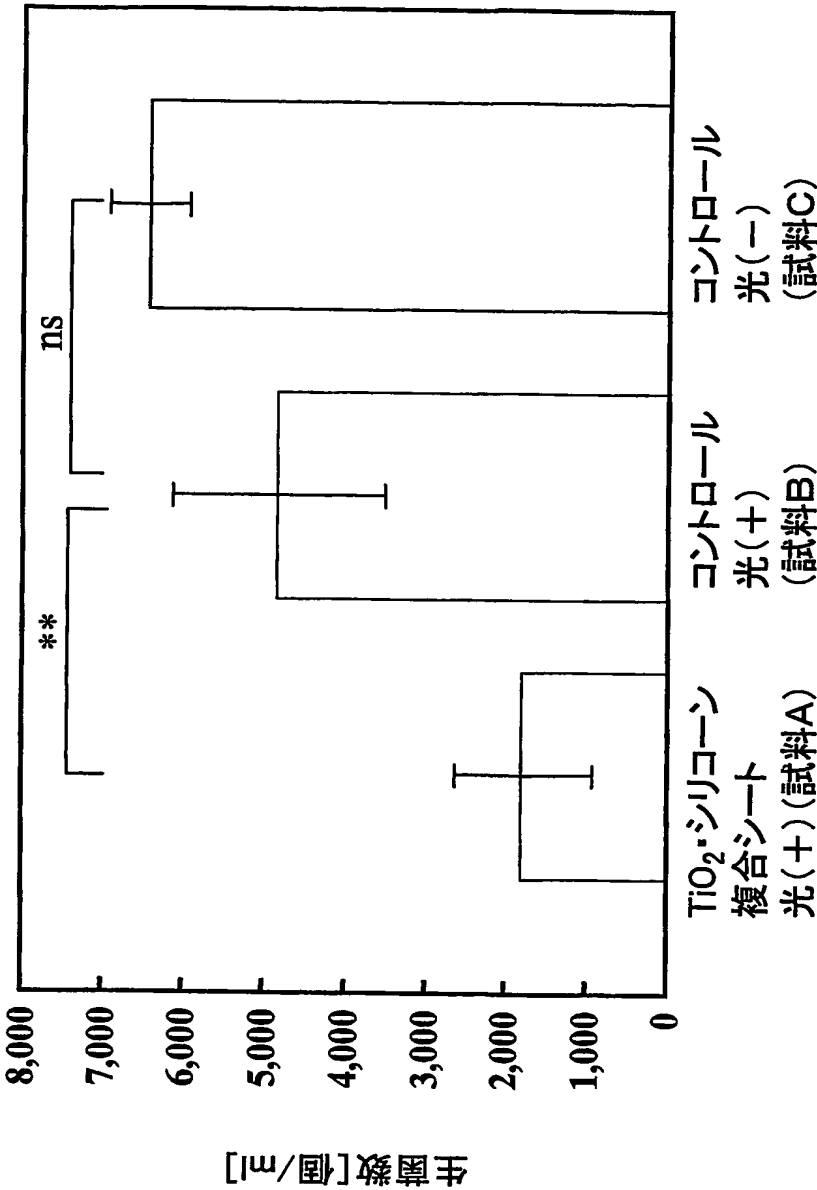


図 7
酸化チタン・シリコン複合シートの殺菌性
抗菌評価試験生食法 (生菌比較)



照射熱量	照射光量	菌液容量	菌濃度	照射時間
3.38 J	470 μW/cm ²	500 μL/well	10,000 個/mL	120 min

特許協力条約に基づく国際出願願書

原本（出願用） - 印刷日時 2003年12月11日（11. 12. 2003）木曜日 14時39分37秒

VIII-5-1	不利にならない開示又は新規性喪失の例外に関する申立て 不利にならない開示又は新規性喪失の例外に関する申立て（規則4.17(v)及び51の2.1(a)(v)）	本国際出願に関し、 国立循環器病センター総長が代表する日本国は、本国際出願の請求項に記載された対象が以下のように開示されたことを申し立てる。
VIII-5-1 (i)	開示の種類	刊行物
VIII-5-1 (ii)	開示の日付:	2003年05月08日 (08. 05. 2003)
VIII-5-1 (iii)	開示の名称:	「高分子学会予稿集 52巻5号」(1130頁、III Pd 142)
VIII-5-1 (iv)	開示の場所:	
VIII-5-1 (v)	本申立ては、次の指定国のためになされたものである。:	すべての指定国

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/16003

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ C08J7/12, A61L27/40

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ C08J7/12, C08L1/00-101/16

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1926-2004 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2002-206021 A (Sumitomo Bakelite Co., Ltd.), 26 July, 2002 (26.07.02), Column 1, lines 2 to 7; column 13, lines 14 to 39 (Family: none)	1
X	JP 4-18453 A (Kuraray Co., Ltd.), 22 January, 1992 (22.01.92), Page 1, lower left column, lines 5 to 12; page 1, lower right column, lines 10 to 15; page 3, upper left column, lines 3 to 16 (Family: none)	1, 5
A	JP 2001-141905 A (Hoya Corp.), 25 May, 2001 (25.05.01), Column 1, lines 2 to 15 (Family: none)	1-17

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not
considered to be of particular relevance
"E" earlier document but published on or after the international filing
date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is
cited to establish the publication date of another citation or other
special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other
means
"P" document published prior to the international filing date but later
than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or
priority date and not in conflict with the application but cited to
understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be
considered novel or cannot be considered to involve an inventive
step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be
considered to involve an inventive step when the document is
combined with one or more other such documents, such
combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
19 January, 2004 (19.01.04)

Date of mailing of the international search report
03 February, 2004 (03.02.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl⁷ C08J 7/12、A61L 27/40

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl⁷ C08J 7/12、C08L 1/00-101/16

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-2004年
日本国公開実用新案公報 1971-2004年
日本国登録実用新案公報 1994-2004年
日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 2002-206021 A (住友ベークライト株式会社) 2002. 07. 26、第1欄第2-7行、第13欄第14-39 行 (ファミリーなし)	1
X	JP 4-18453 A (株式会社クラレ) 1992. 01. 22、第1頁左下欄第5-12行、第1頁右下欄 第10-15行、第3頁左上欄第3-16行 (ファミリーなし)	1、5
A	JP 2001-141905 A (ホーヤ株式会社) 2001. 05. 25、第1欄第2-15行 (ファミリーなし)	1-17

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日
19. 01. 2004

国際調査報告の発送日
03. 2. 2004

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁 (ISA/JP)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)
森川 聡
4 J 9268
電話番号 03-3581-1101 内線 3456

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.